

Разгрузочно-сегрегационная установка песчаникового бута с энергонезависимым приводом комплектующего оборудования



Алёна Юрьевна Ляшенко

Шахтинский автодорожный институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М. И. Платова, Шахты, Ростовская область, Россия.

*✉ alyona_lyashenko@mail.ru
ORCID 0000-0001-8581-7156*

Алёна ЛЯШЕНКО

АННОТАЦИЯ

Для автодорожной отрасли важны снижение себестоимости и энергопотребления, а также рекуперация энергии в технологических установках. Для решения этой проблемы в одном из производственных звеньев отрасли – производстве щебня, который является важным строительным материалом в автодорожной отрасли, – предлагается создание автономных энергетических установок, основанных на рекуперации кинетической энергии автосамосвалов, а именно разгрузочно-сегрегационной установки ДСК с энергонезависимым приводом комплектующего оборудования.

Энергонезависимая разгрузочно-сегрегационная установка осуществляет разделение исходного сырья на начальной стадии производства при энергонезависимом режиме эксплуатации, используя рекуперацию кинетической энергии разгружаемых автомобилей. После загрузки песчаникового бута в приёмный бункер, установка активизирует процесс сегрегации материала на крупную и мелкую фракции. Полученные фракции подаются на соответствующие питатели для последующей технологической переработки. Преимуществом установки является автономность приводов вибратора

и питателей, что способствует росту эффективности процесса разгрузки и сегрегации песчаникового бута, снижению энергозатрат на производство готового продукта.

Оценка функциональных возможностей энергонезависимого гидропривода разгрузочно-сегрегационной установки выполнена для гидромоторов сегрегационного и транспортирующего оборудования. В качестве базового оборудования принят пластинчатый питатель КМ ПП-2–10–60Б, который способен обеспечить непрерывную и равномерную подачу исходного сырья. Рассчитан объём рабочей жидкости в гидроаккумуляторе, подача которой обеспечивается гидродомкратами. Результаты показали, что два гидродомкрата с заданными параметрами способны обеспечить необходимую подачу. Количество энергии, накапливаемой в гидроаккумуляторе при загрузке материала, определено. Рассчитанная мощность гидромотора позволяет его использование в питателе. Оценена экономическая эффективность установки с автономным приводом, учитывая режим работы, количество смен и тариф на электроэнергию.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, дорожное строительство, песчаниковый бут, дробильно-сортировочное оборудование, разгрузочно-сегрегационная установка, процесс сегрегации, процесс рекуперации, автономные энергетические установки.

Для цитирования: Ляшенко А. Ю. Разгрузочно-сегрегационная установка песчаникового бута с энергонезависимым приводом комплектующего оборудования // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 3 (106). С. 59–64. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-21-3-5>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Автодорожная отрасль является одной из важнейших отраслей экономики практически любой страны, где имеются автомобильные дороги. Щебень – наиболее широко используемый автодорожной отраслью продукт добычи и переработки нерудных строительных материалов. Технология производства щебня включает в себя два основных этапа: первый этап – это добыча каменного бута, а второй – переработка бута на щебень. Для переработки добытого карьерным способом песчаникового бута применяются дробильно-сортировочные установки (ДСУ). ДСУ предназначена для первичной переработки и подготовки добытого песчаникового бута к промышленному использованию.

Снижение себестоимости единицы производимой комплексами дробильно-сортировочного оборудования продукции как приоритетное направление, реализуемое при разработке новой техники, наравне с повышением конкурентоспособности ведёт и к росту сбыта высокопрочного щебня и песка из отсевов дробления песчаникового бута. Анализ решаемых задач в области дробильно-сортировочного оборудования показывает, что сокращение расходов на энергопотребление является наиболее значимой задачей^{1, 2}. Ведь именно энергозатраты составляют наибольшую долю в общей себестоимости единицы производимой продукции [1; 2].

¹ Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года // Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. – М., 2020. – С. 93. [Электронный ресурс]: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202006110003>. Доступ 28.05.2023.

² Карьеры-производители щебня песчаника в Ростовской области. [Электронный ресурс]: <https://nedra61.ru/proizvoditeli-shebnya-peschanika>. Доступ 28.05.2023.

Одним из эффективных способов снижения энергопотребления процессов обогащения полезных ископаемых является реализация процесса рекуперации в технологических установках, которая позволяет сохранить часть энергии в виде генерированной и аккумулированной кинетической энергии и вернуть её обратно в технологическую цепочку^{3, 4}.

Увеличение объёма рекуперированной энергии затруднено несколькими факторами, среди которых можно выделить следующие: отсутствие приёмников энергии рекуперации в некоторых случаях и недостаточное использование имеющихся резервов реализуемых технологий.

Создание и внедрение автономных энергетических установок, основанных на принципе рекуперации кинетической энергии автосамосвалов, производящих доставку песчаникового бута в приёмный бункер комплекса дробильно-сортировочного оборудования на переработку, один из инновационных путей решения поставленной задачи.

Цель статьи – представить результаты разработанных автором предложений по созданию энергонезависимого гидропривода разгрузочно-сегрегационной установки на примере двух гидромоторов сегрегационного и транспортирующего оборудования, дать оценку функциональных возможностей предлагаемого решения, представить соответствующие технические и экономические расчёты.

³ Корчевский А. Н., Назимко Е. И., Серафимова Л. И., Науменко В. Г. Подготовительные процессы при обогащении полезных ископаемых. Дробление, измельчение, грохочение и классификация: Учебное пособие. – Донецк, 2017. – 180 с. [Электронный ресурс]: <https://www.geokniga.org/books/18315>. Доступ 28.05.2023.

⁴ Тихонов О. Н. Теория разделения минералов: Учебник для вузов. – СПб.: СПГГИ (ТУ), – 2008. – 514 с. ISBN 978-5-94211-309-4. [Электронный ресурс]: <https://www.geokniga.org/books/19923>. Доступ 28.05.2023.

Таблица 1

Гранулометрический состав песчаникового бута при паспорте на бурение скважин станками типа СБУ-100Г и СБШ-250 МН [3]

СБУ-100Г		СБШ-250 МН	
Размер фракции, мм	Содержание фракции, %	Размер фракции, мм	Содержание фракции, %
0÷5	2	0÷10	1
5÷20	9	10÷20	2
20÷40	12	20÷25	1
40÷60	9	25÷60	3
60÷70	4	60÷100	5
70÷80	3	100÷150	6
80÷180	22	150÷200	4,7
180 и более (до 300)	39	≥ 200	77,3

РЕЗУЛЬТАТЫ

Описание предлагаемой энергонезависимой разгрузочно-сегрегационной установки

В песчаниковом буте для производства щебня количество кусков, не превышающих средний размер, достигает 50 % в общем объёме (табл. 1) [3].

Экономически нецелесообразным является подача всего исходного сырья питателем загрузочного бункера комплекса дробильно-сортировочного оборудования в дробилку первичного дробления, включая куски, которые не превышают средний размер [4–15].

Технический результат предлагаемой разработки – повышение эффективности приёмного бункера за счёт трансформации в разгрузочно-сегрегационную установку, осуществляющую сегрегацию исходного сырья на начальной технологической стадии производства песчаникового щебня при энергонезависимом режиме эксплуатации за счёт рекуперации кинетической энергии разгружаемых автомобилей.

В предлагаемой энергонезависимой разгрузочно-сегрегационной установке эстакада для подъезда автотранспорта (рис. 1), выполняется в виде поворотной платформы 1 и опирается на гидродомкраты 2. В приёмном бункере 3 для реализации сегрегационной функциональности спускной стенки 4 используется изогнутая поверхность S-образной формы, которая закрепляется на боковых стенках бункера с помощью шарнира. Для более эффективного и плавного спуска материала спускная стенка 4 оборудована амортизатором 5 с вибратором, который включает гидромотор 6 и дебаланс 7 на валу. Для регулирования скоростного режима частиц, скатывающихся по спускной стенке 4, на равном расстоянии друг от друга закреплены поперечные элементы 17. В конвейерном днище 8 приёмного бункера 3 реализуется двухпитательная система 9 и 10 с приводами в виде гидромоторов 11 и 12.

Гидродомкраты 2 поворотной платформы 1 гидролинией 13, оснащённой обратным клапаном 14, через трёхпозиционный распределитель 15 соединены с гидроаккумулятором 16.

Приёмно-сегрегационная установка используется следующим образом. Перед началом работы приёмно-сегрегационной

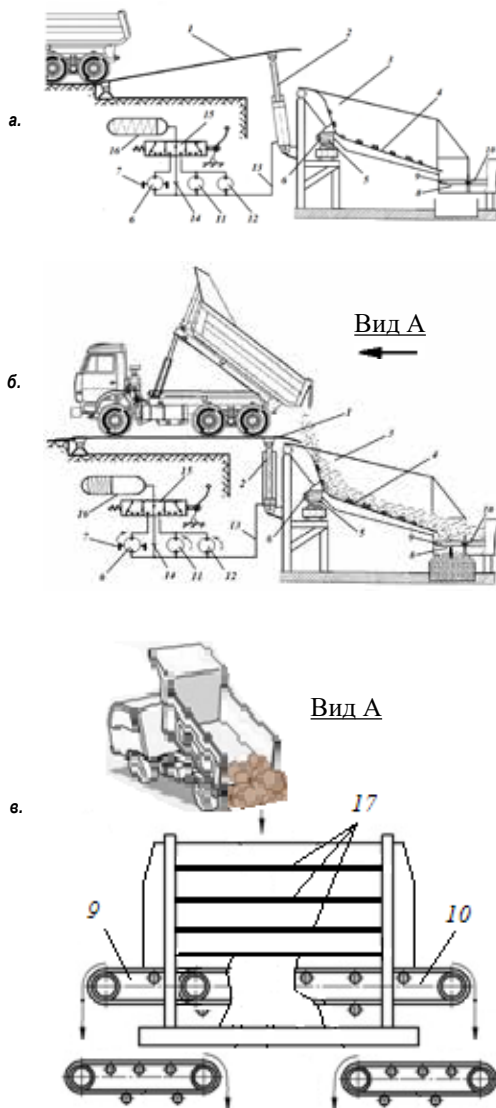


Рис. 1. Конструктивно-гидравлическая схема разгрузочно-сегрегационной энергетической установки: а – исходное состояние; б – загрузка приёмного бункера; в – то же, вид А.

установки штоки гидродомкратов 2 выдвинуты. Поворотная платформа 1 установлена под углом к горизонту. Трёхпозиционный распределитель 15 находится в нейтральном положении, чем обеспечивается соединение гидродомкратов 2 с гидроаккумулятором 16.

Под весом автотранспорта с исходным материалом, подаваемого по эстакаде к месту загрузки приёмного бункера 3, поворотная платформа 1 воздействует на штоки гидродомкратов 2, приводит их в движение, и штоки втягиваются. При этом рабочая жидкость вытесняется из поршневой полости и по гидролинии 13 поступает в гидро-





аккумулятор 16, чем обеспечивается его зарядка.

После загрузки исходного материала в приёмный бункер 3 автотранспорт съезжает с эстакады. При этом обратный клапан 14 запирает гидролинию и исключает самопроизвольную разрядку гидроаккумулятора 16.

Для активизации процесса скатывания частиц исходного материала по спускной стенке 4 распределитель 15 переводится в левую рабочую позицию. Этим обеспечивается соединение гидроаккумулятора 16 через распределитель 15 с гидромотором 6 и далее с гидродомкратами 2 и истечение рабочей жидкости из гидроаккумулятора 16 в гидродомкраты 2. Штоки гидродомкратов 2 начинают выдвигаться, платформа 1 – поворачиваться. Вибратор в виде гидромотора 6 с установленным на вал дебалансом 7 создаёт вибрационные колебания. Колебания передаются через амортизатор 5 спускной стенке 4.

Под воздействием гравитационной силы исходный материал с крупными и мелкими частицами движется вниз, за счёт вибрации и трения крупные частицы поднимаются, тогда как мелкие остаются на поверхности спускной стенки 4. Поперечные элементы 17, расположенные на всём пути движения мелких частиц, замедляют их скорость, что способствует улучшению сепарации и повышению качества конечного продукта.

В результате такого процесса мелкие частицы, достигая нижней грани спускной стенки 4, перемещаются с меньшей скоростью, в отличие от крупных кусков, которые скатываются со значительно большей скоростью. За счёт этого мелкие частицы попадают на питатель 9, а крупные частицы – на питатель 10, которые осуществляют подачу соответствующих фракций материала на конвейеры последующей технологической цепочки. При этом питатель 9 предназначен для подачи материала, не превышающего средний размер, в то время как питатель 10 обеспечивает подачу крупной фракции материала.

Для подачи питателями 9 и 10 прошедшего сегрегацию материала распределитель 15 переводится в правую рабочую позицию. Этим обеспечивается соединение гидроаккумулятора 16 через распределитель 15 с гидромоторами 11 и 12 и далее с гидродомкратами 2. Накопленная в гидроаккумуляторе 15

энергия потоком рабочей жидкости обеспечивает пуск гидромоторов 11 и 12 и кинематически связанных с ними транспортирующих органов питателей 9 и 10.

Таким образом, предлагаемая разгрузочно-сегрегационная энергетическая установка с конструктивными элементами генерирования и аккумуляции энергии в процессе загрузки исходного сырья в бункер выгодно отличается от существующих аналогов тем, что такое её исполнение обеспечивает выполнение приводов вибратора и питателей автономными и способствует снижению энергозатрат на производство единицы готового продукта.

Оценка функциональных возможностей энергонезависимого гидропривода разгрузочно-сегрегационной установки

Для оценки возможности оснащения гидромоторами сегрегационного и транспортирующего оборудования установки при его энергонезависимом режиме эксплуатации выполнен расчёт параметров элементов автономного гидропривода⁵ (рис. 2).

В качестве базового оборудования принят пластинчатый питатель КМ ПП-2-10-60Б⁶ (рис. 2).

Пластинчатый питатель КМ ПП-2-10-60Б используется горнорудными, горно-обогательными и строительными предприятиями для обеспечения непрерывной и равномерной подачи сыпучих крупнокусковых, глинистых материалов без предварительного отбора более мелких кусков (табл. 2).

Для обеспечения заданной скорости вращения гидромотора $n_{гм}$ необходим расход рабочей жидкости $Q_{гм}$ (см³/мин):

$$Q_{гм} = n_{гм} \cdot V_{гм} / \eta_v,$$

где $n_{гм} = 500$ – число оборотов гидромотора (об/мин); $V_{гм} = 10$ – объём рабочей камеры гидромотора (задаётся в пределах от 5 см³ до 250 см³); $\eta_v = 0,9$ – коэффициент объёмных потерь (КПД) (для гидромоторов он находится в диапазоне 0,85÷0,95).

⁵ Попова О. И., Попова М. И., Новокшенов С. Л. Расчёт объёмного гидропривода: Учебное пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (2,0 Мб). – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2019. – 88 с. [Электронный ресурс]: https://bf.cchgeu.ru/upload/iblock/ea1/g8hwpv5ueury482r9bieh1foh13rzwy3/UP_Raschet-gidroprivoda_MZHiG.pdf. Доступ 28.05.2023.

⁶ Канмаш КМ ПП-2-10-60 Б: технические характеристики, описание, обзор. [Электронный ресурс]: https://exkavator.ru/excapedia/technik/kanmash_km_pp-2-10-60_b. Доступ 28.05.2023.

Подставив значения, получаем:

$$Q_{гм} = (500 \cdot 10) / 0,9 = 5555 \text{ см}^3/\text{мин.}$$

Время работы питателя T_n по выдаче из бункера крупнокускового сыпучего материала, загруженного одним автосамосвалом, определяется по формуле (мин):

$$T_n = 60 \cdot M_{тр} / \rho_n \cdot \Pi_n,$$

где $M_{тр} = 15210$ – масса перевозимого автосамосвалом груза⁷, кг; $\rho_n = 2500$ – объёмный вес песчаника в разрыхлённом состоянии, кг/м³; $\Pi_n = 75$ – производительность пластинчатого питателя, м³/ч.

Подставив значения, получаем:

$$T_n = 60 \cdot 15210 / 75 \cdot 2500 = 4,87 \approx 5 \text{ мин.}$$

Объём рабочей жидкости $V_{га}$ в гидроаккумуляторе, обеспечивающий работу гидромотора в течение времени T_n , определяется по формуле (см³):

$$V_{га} = Q_{гм} \cdot T_n = 5555 \cdot 5 = 27775 \text{ см}^3.$$

Подача рабочей жидкости в гидроаккумулятор обеспечивается гидродомкратами.

Следовательно, объём рабочей жидкости $V_{га}$ в гидроаккумуляторе должен соответствовать суммарному объёму поршневых полостей гидродомкратов $\Sigma V_{гд}$:

$$V_{га} = \Sigma V_{гд} = 0,25\pi \cdot D_n^2 \cdot S_n \cdot N_{гд},$$

где D_n – диаметр поршня гидродомкрата, см; S_n – ход поршня гидродомкрата, см; $N_{гд}$ – количество гидродомкратов.

При количестве гидродомкратов $N_{гд} = 2$ и ходе поршня гидродомкрата $S_n = 60$ см диаметр поршня гидродомкрата D_n определяется по формуле (см):

$$D_n = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{га}}{\pi \cdot S_n \cdot N_{гд}}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 27775}{\pi \cdot 60 \cdot 2}} = 17 \text{ см} \approx 20 \text{ см.}$$

Как видно из результатов расчётов, два гидродомкрата с конструктивными параметрами: диаметром поршня гидродомкрата $D_n = 200$ мм; ходом поршня гидродомкрата $S_n = 600$ мм – способны обеспечить необходимую подачу рабочей жидкости в гидроаккумулятор.

Рассчитаем количество энергии E , накапливаемой в гидроаккумуляторе предлагаемой установки при загрузке материала в бункер, по формуле (Дж):

$$E = M_A \cdot g \cdot S,$$

где $M_A = 26500$ – полная масса автомобиля, кг; $g = 9,8$ – ускорение свободного падения, м/с²; $S_n = 0,6$ – ход поршня гидродомкрата, м.

⁷ Автомобильный завод «Урал»: Модельный ряд бортовых автомобилей. [Электронный ресурс]: <https://uralaz.ru/models/>. Доступ 28.05.2023.



Рис. 2. Расчётная схема гидропривода пластинчатого питателя.

Подставив значения, получаем:

$$E = 26500 \cdot 9,8 \cdot 0,6 = 155820 \text{ Дж.}$$

Накопленное в гидроаккумуляторе количество энергии обеспечивает работу гидромотора питателя мощностью $N_{гм}$ (Вт):

$$N_{гм} = E / (60 \cdot T_n) = 155820 / (60 \cdot 4,87) = 533,26 \text{ Вт} \approx 0,5 \text{ кВт.}$$

Экономическая эффективность

Оценивая экономическую эффективность установки с автономным приводом пластинчатого питателя, принимаем: D_r – режим работы установки в год, 260 дней; $N_{см}$ – количество смен в сутки, 2 см; $t_{см}$ – продолжительность смены в сутки, 8 час; $T_{эл}$ – тариф на электроэнергию составляет 5,1 руб./кВт·час.

Годовая экономическая эффективность \mathcal{E} от внедрения установки с автономным приводом пластинчатого питателя составляет, руб./год:

$$\mathcal{E} = N_n \cdot D_r \cdot N_{см} \cdot t_{см} \cdot T_{эл} = 0,5 \cdot 260 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 5,1 = 10608 \text{ руб./год.}$$

Таблица 2

Техническая характеристика пластинчатого питателя КМ ПП-2–10–60Б

Ёмкость бункера, куб. м	20
Максимальный размер куска транспортируемого материала, мм	500
Производительность, м ³ /ч	75
Ширина полотна, мм	1000
Скорость движения полотна, м/с	0,08
Мощность двигателя, кВт (двухскоростной)	2,8
Число оборотов, об/мин	500
Редуктор	1 Ц2У-250-40-12 У2
Масса питателя (с приводом и без бункера), кг	16000
Расстояние между осями приводного и натяжного валов, мм	6000
Высота – без бункера	3300
Ширина – без бункера	3580
Длина – без бункера	7800



ВЫВОДЫ

1. Предлагаемая разгрузочно-сегрегационная энергетическая установка комплекса дробильно-сортировочного оборудования, обладающая конструктивной новизной, в процессе подачи по эстакаде автотранспорта к месту загрузки приёмного бункера позволяет генерировать и аккумулировать кинетическую энергии и в последующем возвращать её обратно в технологическую цепочку.

2. Реализация процесса рекуперации в разгрузочно-сегрегационной энергетической установке обеспечивает выполнение приводов вибратора и питателей бункера со спускной вибрационно-сегрегационной стенкой автономными и способствует снижению энергозатрат на производство единицы готового продукта.

3. При установленном на питателе двигателе мощностью 2,8 кВт накапливаемой в гидроаккумуляторе предлагаемой установки энергии E явно недостаточно. Полученный результат предполагает поиск новых решений повышения энергетической составляющей предлагаемого автономного привода пластинчатого питателя.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Степанов В. М., Кузьмина С. В. Устройство рекуперации электроэнергии // Известия ТулГУ. Технические науки. – Вып. в 5 ч. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. – С. 79–80. [Электронный ресурс]: https://tidings.tsu.tula.ru/tidings/pdf/web/file/tsu_izv_technical_sciences_2010_03_part_5.pdf [полный текст номера]. Доступ 28.05.2023.
2. Ляшенко Ю. М., Рыжиков В. А., Ревакина Е. А., Ляшенко А. Ю., Зубрилова А. М. Обоснование конструкции системы рекуперативного торможения транспортного средства // Грузовик. – 2017. – № 2. – С. 3–6. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/xueooz>. EDN: XUEOOZ. Доступ 28.05.2023.
3. Ляшенко Ю. М., Ляшенко А. Ю. статистические исследования оборудования для производства карьерных работ при добыче нерудных материалов в условиях Ростовского региона // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2011. – № 4. – С. 117–120. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16754079>. EDN: OCQJKN. Доступ 28.05.2023.
4. Блехман И. И., Хайман В. Я. О теории вибрационного разделения сыпучих смесей // Изв. АН СССР. Механика. – 1965. – № 5. – С. 22–30. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25494982>. EDN: TIDAGB [метаданные].
5. Ромашев О. А., Кусков В. Б., Львов В. В. Интенсификация сепарации полезных ископаемых с использованием вибрационной сегрегации // Записки Горного

института. – С.-Петербург. – 2013. – Т. 202. – С. 118–121. [Электронный ресурс]: <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/5669/3553>. Доступ 28.05.2023.

6. Алешина А. П., Огурцов В. А., Гриценко М. А., Огурцов А. В. Расчётно-экспериментальное исследование сегрегационного механизма миграции ансамбля частиц в слое сыпучего материала при виброгрохочении // Вестник ИГЭУ. – Вып. 1. – 2015. – С. 50–54. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22952930>. EDN: TINGJZ. Доступ 28.05.2023.

7. Балдаева Т. М. Эффективность предварительного отсева мелких классов при вибрационной классификации // Обогащение руд. – Санкт-Петербург. – 2017. – № 5. – С. 3–6. DOI: 10.17580/or.2017.05.01 [метаданные].

8. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов: Справочник / Колл. авторов под ред. В. А. Баумана // Машиностроение. – 1970. – 548 с.

9. Lyashenko, Y. M., Voronova, E. Y., Lyashenko, A. Y. Methodical Basics for Calculation of Receiving and Segregation Hopper for Sand Rubble. Lecture Notes in Mechanical Engineering, Proceedings of the 8th International Conference on Industrial Engineering, 2022, pp. 788–798. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-14125-6_77 [ограниченный доступ].

10. Leeuwener, M. J., Eksteen, J. J. Computational fluid dynamic modeling of two phase flow in hydrocyclone. The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2008, Vol. 108, No. 4, pp. 231–236. [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/profile/Jacobus-Eksteen-2/publication/290185402_Computational_fluid_dynamic_modelling_of_two_phase_flow_in_a_hydrocyclone/links/58537f1c08ae95fd8e1d7e78/Computational-fluid-dynamic-modelling-of-two-phase-flow-in-a-hydrocyclone.pdf. Доступ 28.05.2023.

11. Лаптев Ю. В. Горнотехнические факторы, определяющие закономерности процесса сегрегации горных пород при отсыпке отвалов // Маркшейдерия и недропользование. – 2007. – № 1. – С. 33–41.

12. Лаптев Ю. В. Исследование динамики выгрузки горной массы из кузова автосамосвала // Уральский горнопромышленный форум: Горное дело. Оборудование. Технологии: сб. докладов/ КОСК «Россия». Выставочный центр; ИГД УрО РАН. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – С. 133–136.

13. Огурцов В. А. Моделирование движения частиц над поверхностью сита виброгрохота // Строительные материалы. – 2008. – № 8. – С. 72–76. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11762430>. EDN: JXKILN [метаданные].

14. Карпенко М. М., Пелевин Л. Е., Богдьявичус М. Перспектива использования гидравлического энергоберегающего привода // Диагностика и ремонт. Технико-технологические проблемы сервиса. – 2017. – № 3 (41). – С. 7–12. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32312826>. EDN: YMKEIZ. Доступ 28.05.2023.

15. Xiaocong Li, Silu Chen, Chek Sing Teo, Kok Kiong Tan, Tong Heng Lee. Data-Driven Modeling of Control Valve Stiction Using Revised Binary-Tree Structure. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2015, Vol. 54 (1), pp. 330–337. DOI: 10.1021/ie5031369. ●

Информация об авторе:

Ляшенко Алёна Юрьевна – кандидат технических наук, доцент Шахтинского автодорожного института (филиала) Южно-Российского государственного политехнического университета (ЮРГПУ (НПИ)) имени М. И. Платова, Шахты, Ростовская область, Россия, alyona_lyashenko@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 05.04.2023, одобрена после рецензирования 30.06.2023, принята к публикации 04.07.2023.